

## SUBSTRATE PROCESSING APPARATUS AND SUBSTRATE PROCESSING METHOD

### 発明の背景

#### 発明の技術分野

本発明は、基板の周縁部に形成された薄膜をエッチングするエッチング装置などに好適に使用される基板処理装置及び基板処理方法に関する。また、本発明は、エッチング処理後に基板を洗浄処理する洗浄装置などに好適に使用される基板処理装置及び基板処理方法に関する。

#### 関連技術の記載

近年、半導体ウエハ等の基板上に回路を形成するための配線材料として、アルミニウムまたはアルミニウム合金に代えて、電気抵抗率が低くエレクトロマイグレーション耐性が高い銅(Cu)を用いる動きが顕著になっている。この種の銅配線は、基板の表面に設けた微細凹みの内部に銅を埋込むことによって一般に形成される。この銅配線を形成する方法としては、CVD、スパッタリングまたはめっきといった手法があるが、いずれにしても、基板のほぼ全表面に銅を成膜して、化学機械的研磨(CMP)により不要の銅を除去するようにしている。

銅は半導体製造工程においてシリコン酸化膜中に容易に拡散し、シリコン酸化膜の絶縁性を劣化させてしまうため、回路形成部以外に形成された不要な銅は基板上から完全に除去することが要求される。特に、基板の周縁部(エッジ及びベベルを含む)に成膜乃至付着した銅は、基板を搬送する搬送ロボットのアームや、基板を収納するカセット等に付着し、この銅が拡散して他工程を汚染する、いわゆるクロスコンタミネーションの原因ともなり得る。従って、銅の成膜工程やCMP工程直後に、基板の周縁部に成膜乃至付着し

た銅を完全に除去する必要がある。

そこで、従来から、基板に処理液（エッチング液）を供給して基板の周縁部に成膜乃至付着した銅膜を除去するエッチング処理が広く行われている。このエッチング処理は、チャンバー内で基板を回転させ、回転する基板の周縁部に処理液を供給することにより行われる。そして、基板に供給された処理液は基板上の銅膜と反応し、この銅膜を除去した後に回収され、再度エッチング処理に使用される。

しかしながら、従来のエッチング処理方法では、処理液は、基板からある程度離れた位置から基板に供給されるため、基板に当たった処理液が飛散し、高い清浄度を必要とするチャンバー内の雰囲気汚染されるという問題が生じている。また、従来の方法によると、基板上の処理液が常に入れかわるように処理液が基板上に供給され続けるが、供給された処理液のうち、エッチングに使われる量はわずかである。このため、実際にエッチングに必要な処理液の量に比べて非常に多くの処理液を基板に供給しなければならず、処理液の使用量を低減させることが要望されていた。

また、従来のエッチング後の洗浄処理は、一般に、基板の全面に洗浄液を大量に供給し、これにより基板の周縁部に残存する処理液（エッチング液）を洗い流すものであった。このため、洗浄が必要な部分は基板の周縁部に限られているのに対して、洗浄が必要でない部分にも洗浄液が供給されるという問題があった。また、大量の洗浄液が基板上に供給されると、残留した処理液を含む洗浄液が基板の表面上またはチャンバー内に飛散し、基板の表面上のエッチング対象領域以外の部分を汚染するという問題が生じている。また、洗浄液がチャンバーの壁面などに付着し、チャンバー内の雰囲気汚染されるという問題が生じている。

### 発明の要旨

本発明は、このような従来の問題点に鑑みてなされたもので、処理液を飛散させることなく基板に供給することができ、チャンバー内の清浄雰囲気を維持することができると共に、処理液の使用量を減少させることができる基板処理装置及び基板処理方法を提供することを第1の目的とする。

また、本発明は、洗浄液を飛散させることなく基板の所要領域にのみ供給することができ、チャンバー内の清浄雰囲気を維持することができると共に、洗浄液の使用量を減少させることができる基板処理装置及び基板処理方法を提供することを第2の目的とする。

上述した目的を達成するために、本発明の第1の態様は、基板を略水平に保持しつつ回転させる基板保持部と、回転する基板の周縁部に、処理液が基板に対して静止するように該処理液を供給する処理液供給部とを備えたことを特徴とする基板処理装置である。このように構成された本発明によれば、処理液を飛散させることなく処理液を基板上に供給することができる。その結果、チャンバー内の清浄雰囲気を維持することができると共に、処理液と薄膜との反応効率を向上させて処理液の使用量を減少させることができる。

本発明の好ましい態様は、処理液を基板上から除去する処理液除去部を設けたことを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記処理液除去部は、基板上の処理液を吸引するように構成されていることを特徴とする。

これにより、基板上に存在する処理液の量及び存在範囲を一定に保つことができる。また、処理液のほとんどは処理液除去部により除去され、基板から流出する処理液はわずかであるので、チャンバー内の雰囲気の汚染を防止することができる。

本発明の好ましい態様は、前記処理液除去部は、吸引した処理液と気体とを分離する気液分離部を備えていることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記気液分離部により分離された処理液を再生して前記処理液供給部に供給する再生部を設けたことを特徴とする。

これにより、処理液を回収して再利用することが可能となり、使用される処理液の全体量を低減させることができる。

本発明の好ましい態様は、前記処理液供給部を複数設けたことを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記処理液除去部を複数設けたことを特徴とする。

これにより、例えば、第1の処理液供給部を基板の周縁部上方に配置し、第2の処理液供給部を基板の半径方向外側に配置すれば、外周端部（側部）を含む基板の周縁部を確実に処理することができ、処理すべき領域を正確に処理することができる。

本発明の好ましい態様は、基板の表面に不活性ガスを供給するバージ機構を設けたことを特徴とする。

本発明の他の態様は、基板を略水平に保持しつつ回転させ、回転する基板の周縁部に、処理液が基板に対して静止するように該処理液を供給し、基板上の処理液を吸引することを特徴とする基板処理方法である。

本発明の他の態様は、基板を略水平に保持して回転させる基板保持部と、基板の中心から周縁部に向けて、かつ基板の表面から $45^{\circ}$ 以下の仰角をもって洗浄液吐出口を開口し、 $0.1\text{ m/s}$ 以上の流速で洗浄液を基板の表面に供給する洗浄液供給部とを備えたことを特徴とする基板処理装置である。

このように構成された本発明によれば、洗浄液を飛散させることなく基板

上の必要領域にのみ供給することができる。その結果、チャンバー内の清浄雰囲気を維持することができると共に、洗浄液を所要部分のみに供給して、その使用量を減少させることができる。

本発明の好ましい態様は、前記洗浄液供給部は、基板の表面の近傍に配置されることを特徴とする。これにより、洗浄液の飛散が防止され、基板の洗浄が必要な部分を効率的に洗浄することが可能となる。

本発明の好ましい態様は、基板の表面と同じ平面上に配置され、基板上の洗浄液が供給される領域に向けて開口した洗浄液の受け部を備え、該受け部から洗浄液を回収するようにしたことを特徴とする。

これにより、基板の所要部を洗浄した洗浄液は受け部により回収されるので、洗浄液がチャンバー内で飛散するという問題が防止されるとともに、洗浄液の回収によりリサイクル的な使用が可能となる。

本発明の他の態様は、回転する基板の中心から周縁部に向けて、かつ基板の表面から  $45^{\circ}$  以下の仰角をもって開口した洗浄液吐出口から、 $0.1\text{ m/s}$  以上の流速で洗浄液を供給し、基板の表面または裏面の少なくとも一方を洗浄することを特徴とする基板処理方法である。

本発明の他の態様は、回転する基板の周縁部に処理液を供給し、基板の周縁部を処理した後、基板の中心から周縁部に向けて、かつ基板の表面から  $45^{\circ}$  以下の仰角をもって開口した洗浄液吐出口から、基板の周縁部を含む領域に洗浄液を供給して、処理液で処理した領域に残留する処理液を除去することを特徴とする基板処理方法である。

本発明によれば、洗浄液を所要部分のみにその飛散が生じないように供給することで、残留処理液が基板上のエッチング対象以外の部分に付着してその部分を汚染するということが防止される。また、チャンバー内の汚染防止

により、処理中または処理後の基板、さらに次に処理する基板への汚染を防止することができる。

本発明の好ましい態様は、前記洗浄液吐出口から、基板の表面と平行に近い方向に沿って基板の周縁部に向けて洗浄液を供給することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、基板の表面と同じ平面上に配置され、基板上の洗浄液が供給される領域に向けて開口した洗浄液の受け部から、洗浄液を回収するようにしたことを特徴とする。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は本発明の第 1 の実施形態に係るエッチング装置に適用した基板処理装置を示す断面図である。

図 2 A は本発明の第 1 の実施形態に係る基板処理装置（エッチング装置）のエッチング部を示す斜視図である。

図 2 B は図 2 A に示すエッチング部の側面図である。

図 2 C は図 2 A に示すエッチング部の平面図である。

図 3 A 及び図 3 B は、本発明の第 1 の実施形態に係る基板処理装置の薬液供給部の他の例を示す側面図である。

図 4 は本発明の第 1 の実施形態に係る基板処理装置の気液分離部を示す概略図である。

図 5 A は本発明の第 1 の実施形態に係る基板処理装置の気液分離部及び再生部を示す概略図である。

図 5 B は気液分離部及び再生部の他の例を示す概略図である。

図 6 は本発明の第 2 の実施形態に係るエッチング装置に適用した基板処理装置を示す断面図である。

図 7 は本発明の第 2 の実施形態に係る基板処理装置（エッチング装置）のロールチャック及びエッチング部を示す斜視図である。

図 8 は本発明の第 3 の実施形態に係るエッチング装置に適用した基板処理装置の薬液供給部を示す側面図である。

図 9 A は本発明の第 4 の実施形態に係るエッチング装置に適用した基板処理装置の薬液供給部を示す側面図である。

図 9 B は本発明の第 4 の実施形態に係る基板処理装置（エッチング装置）の薬液供給部及び薬液除去部の他の例を示す平面図である。

図 10 A は本発明の第 5 の実施形態に係る洗浄装置に適用した基板処理装置の要部を示す側面図である。

図 10 B は図 10 A に示す基板処理装置（洗浄装置）の要部を示す平面図である。

図 11 は本発明の第 5 の実施形態に係る基板処理装置（洗浄装置）の変形例を示す側面図である。

図 12 A は本発明の第 6 の実施形態に係る洗浄装置に適用した基板処理装置の要部を示す平面図である。

図 12 B は図 12 A に示す基板処理装置（洗浄装置）の要部を示す断面図である。

図 13 は洗浄工程における基板周縁部の断面図である。

図 14 は本発明に係るエッチング装置に適用した基板処理装置を備えた基板に銅めっきを施すめっき装置を示す平面図である。

#### 好ましい実施例の詳細な説明

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、各図において互いに同一あるいは相当する部材には同一符号または類似符号を付し、重複した説明は省略する。以下に記載される実施の形態は、本発明を

説明する目的のために記載されているものであり、本発明は以下の実施の形態に限定されるものではない。

図1は、本発明の第1の実施形態に係るエッチング装置に適用した基板処理装置を示す断面図である。ウエハWが収容されるチャンバー1は、円筒形のチャンバー本体1aと、チャンバー本体1aの上端を覆うチャンバーカバー2とを備えている。チャンバー本体1aは鉛直方向に立設され、下側が底部1bで塞がれている。チャンバーカバー2は、伏せたお椀状に形成されており、チャンバー本体1aの上端部を覆っている。チャンバー本体1aの上端部とチャンバーカバー2の外周部とは密着して、チャンバー1の内部を外気からシールできるように構成されている。

底部1bは、水平に対して僅かに傾斜しており、その傾斜の最低部であり底部1bとチャンバー本体1aとの接続部において、チャンバー本体1aには、排気と排液とを兼ねた排出管3が形成されている。

チャンバーカバー2の中央部には、開口2aが形成されており、その開口2aを鉛直方向に貫通して上部シャフト6が設けられている。上部シャフト6は、その上端に円板状の鏝部6aを有している。チャンバーカバー2の開口2aと鏝部6aとは、ベローズ状（蛇腹状）のフレキシブルジョイント7でシール接続されている。また、上部シャフト6の中心には導管9が貫通して形成されている。この導管9には不活性ガス供給源12が接続されており、この不活性ガス供給源12から導管9を介して窒素ガス（N<sub>2</sub>）、またはアルゴン（Ar）などの不活性ガスがウエハWの表面に供給される。

チャンバーカバー2と上部シャフト6とは、連結部材（図示せず）で連結されている。該連結部材は、上部シャフト6をチャンバーカバー2に対して移動させる駆動装置（図示せず）を備えており、この駆動装置により、チャ



ンバーカバー 2 と上部シャフト 6 との相対的位置が調節できるようになっている。前述したフレキシブルジョイント 7 は、チャンバーカバー 2 と上部シャフト 6 との相対的位置の変化に対応して伸縮し、チャンバー 1 の内部の気密性が維持されるようになっている。

また、上部シャフト 6 の下端には、円形の平板である上部ディスク 10 が水平に取り付けられている。上部ディスク 10 は、その下面が処理対象の基板である円形のウエハ W の表面と平行に対向するように配置されている。上部ディスク 10 の下面とウエハ W の上面との隙間 S はできる限り狭くするのが好ましく、例えば、0.5 ～ 20 mm の範囲で適宜調節する。この隙間 S は、好ましくは 0.8 ～ 10 mm 程度、さらに好ましくは 1 ～ 4 mm 程度とし、導管 9 を介して供給される不活性ガスがウエハ W の表面上を均一に流れるようにする。この隙間 S を調整することにより比較的少量の不活性ガスでウエハ W を保護することができる。この隙間 S の調整は、上部シャフト 6 とチャンバーカバー 2 との相対的位置を調整することによって行うことができる。なお、上部シャフト 6、上部ディスク 10、及び不活性ガス供給源 12 からパージ機構が構成される。

チャンバー 1 の内部には、ウエハ W を略水平に保持しつつ回転させる真空チャック（基板保持部）11 が設置されている。この真空チャック 11 の内部には、真空源（図示せず）に連通する通孔 11 a が形成されており、この通孔 11 a は、真空チャック 11 の上部に設けられた開口部 11 b に連通している。ウエハ W は、真空チャック 11 の上端面に載置され、真空源によって真空チャック 11 に吸着保持される。さらに、真空チャック 11 には、真空チャック 11 を回転させる駆動源（図示せず）が連結されており、真空チャック 11 により吸着保持されたウエハ W は、駆動源によって真空チャック

11とともに回転されるようになっている。ここで、ウエハWの回転速度は低速であることを必要とし、具体的には $500\text{ min}^{-1}$ 以下、好ましくは $5\sim 200\text{ min}^{-1}$ である。

次に、図2を参照して本実施形態に係る基板処理装置（エッチング装置）が備えるエッチング部を説明する。図2Aは本実施形態に係る基板処理装置のエッチング部を示す斜視図であり、図2Bは図2Aに示すエッチング部の側面図であり、図2Cは図2Aに示すエッチング部の平面図である。

エッチング部は、ウエハWに薬液（処理液）を供給する薬液供給部（処理液供給部）15と、ウエハWから薬液を除去する薬液除去部（処理液除去部）20とを備えている。薬液供給部15は、ウエハWの周縁部に薬液を供給する供給ノズル16と、この供給ノズル16に接続された薬液導入管17と、薬液導入管17に接続された薬液貯留タンク18とを備えている。図2Bに示すように、供給ノズル16は、ウエハWの周縁部に近接した位置に開口部16aを有しており、薬液貯留タンク18内の薬液は、薬液導入管17を介して供給ノズル16の開口部16aからウエハWの周縁部に供給される。

ここで、ウエハの周縁部とは、ウエハの周縁で回路が形成されていない領域、またはウエハの周縁で、回路が形成されていても最終的にデバイスとして使用されない領域をいう。なお、本実施形態においては、処理液として、銅膜をエッチングするための薬液が使用される。従って、本実施形態における薬液供給部15及び薬液除去部20は、それぞれ処理液供給部及び処理液除去部を構成する。

ここで、薬液供給部15から供給される薬液は、鉍酸または有機酸のうち少なくとも1つを含み、さらに酸化剤としての過酸化水素（ $\text{H}_2\text{O}_2$ ）水、またはオゾン（ $\text{O}_3$ ）水のうち少なくとも1つを含む混合液である。鉍酸には、

フッ酸 ( $\text{HF}$ )、塩酸 ( $\text{HCl}$ )、硝酸 ( $\text{HNO}_3$ )、または硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) などが使用され、有機酸は、酢酸、ギ酸、またはシュウ酸などが使用される。

なお、エッチング対象となる薄膜がルテニウム膜である場合、薬液供給部 15 から供給される薬液 (処理液) としては、次亜塩素酸塩、亜塩素酸塩または臭素酸塩のようなハロゲンの酸素酸塩溶液からなる強アルカリ性の酸化剤溶液が挙げられるが、アンモニアや、テトラメチルアンモニウムヒドロキシドまたはトリメチルアミンのような有機アルカリ等のアルカリ剤と、臭素、ヨウ素、二酸化塩素またはオゾンのような酸化剤の混合溶液を用いることもできる。

本実施形態では、供給ノズル 16 から供給される薬液の流量及び流速は小さく設定されている。具体的には、薬液の流量は、 $100\text{ ml/min}$  以下であることが好ましく、より好ましくは  $20\text{ ml/min}$ 、更に好ましくは  $5\text{ ml/min}$  以下である。また、供給ノズル 16 の開口部 16a とウエハ W の表面との距離 D は、好ましくは  $5\text{ mm}$  以下、より好ましくは  $1\text{ mm}$  以下である。

このように、低速で回転するウエハ上に、ウエハに近接した位置から少量の薬液が供給されるため、ウエハに供給された薬液はウエハに対して静止する。ここで、「薬液がウエハに対して静止する」とは、固定位置にある薬液供給部 15 から回転するウエハに供給された薬液は、ウエハと接触した地点にとどまり、ウエハから見ると相対的に静止している状態のことをいう。つまり、ウエハに供給された薬液は、ウエハの回転中に、ウエハの回転方向に移動せず、更に遠心力によってウエハ外へ飛び出すことがない。従って、本実施形態によれば、薬液はウエハから流出せずにウエハ上にとどまるので、

薬液がウエハと接触する時間が長くなり、薬液使用量を低減させることができる。

なお、図3Aに示すように、供給ノズル16がウエハWの半径方向に移動するように構成してもよい。このように構成することで、処理目的領域を自在に調節することができる。ここで、処理目的領域とは、ウエハの周縁部であって処理すべき領域（エッジカット幅）をいい、一般に、ウエハの外周端部（側部）から内側に向けてmm単位、例えば2～5mmに設定される。また、図3Bに示すように、ウエハWの処理後もしくはウエハWの搬出時に、供給ノズル16をウエハWから退避させてもよい。このように構成することで、ウエハの搬入及び搬出を容易にすることができる。

薬液供給部15からウエハWに供給された薬液は、薬液除去部20によってウエハWから除去される。この薬液除去部20は、図2Aに示すように、吸引ノズル21と、この吸引ノズル21に薬液導出管22を介して接続された吸引源23とを備えている。この吸引ノズル21の吸引口（図示せず）のウエハ半径方向における位置は、供給ノズル16の開口部16aの位置と同様である。従って、図2Cに示すように、薬液供給部15によってウエハWに供給された薬液は、ウエハWの回転に伴って吸引ノズル21の吸引口まで移動し、吸引ノズル21によって吸引除去される。

吸引ノズル21とウエハWとは非接触であるが、薬液の吸引効率を高めるために、吸引ノズル21の吸引口はウエハWにできる限り近接させることが好ましい。吸引源23としては、真空ポンプ、またはエジェクター等が使用される。

図4は本実施形態に係る基板処理装置（エッチング装置）の気液分離部の概略図である。

図4に示すように、薬液導出管22には気液分離部27が設けられている。吸引源23によって吸引ノズル21から吸引された薬液と気体との混合物は、気液分離部27の内部に導入され、薬液のみが気液分離部27内に貯留される。一方、気液分離部27内に導入された気体は吸引源23により吸引される。吸引ノズル21から吸引源23までの経路は、薬液の吸引効率を高めるために気密性が確保されている。なお、気液分離部27に真空ゲージ及び真空圧調整弁を設置し、真空圧を調整することにより薬液除去部20の吸引力をコントロールしてもよい。

図5Aは本実施形態に係る基板処理装置の気液分離部及び再生部を示す概略図であり、図5Bは気液分離部及び再生部の他の例を示す概略図である。

図5Aに示すように、気液分離部27の底部には再生部32が接続されており、気液分離部27によって分離された薬液は、再生部32に導入されるようになっている。再生部32に導入された薬液は、フィルタ（図示せず）により濾過された後、上述した薬液供給部15の薬液貯留タンク18に供給される。なお、図5Bに示すように、気液分離部27に、貯留された薬液の液面位置を検出するレベルセンサ28を設けてもよく、さらに、薬液の吸引除去終了後、または薬液の液面位置が所定の位置に達した場合に弁29を開いて薬液を再生部32に送るようにしてもよい。

このように、ウエハWに供給された薬液は、薬液除去部20、気液分離部27、そして、再生部32を経由して回収され、薬液供給部15から再度ウエハWに供給される。本実施形態では、ウエハWに供給された薬液はそのままウエハW上で吸引されるため、ほとんど希釈されることなく薬液を回収することが可能である。つまり、従来のような、ウエハから流出した薬液をチャンバーの排出口から回収する方法に比べて、薬液の希釈や汚染が非常に少

ない。さらに、本実施形態では、再生部 3 2 によって再生された薬液の濃度低下が少ないため、再利用される薬液の処理能力を維持することができる。

次に、本実施形態に係る基板処理装置（エッチング装置）の動作について説明する。

図 1 において、まず、処理すべきウエハ W を、真空チャック 1 1 で保持しつつ回転させる。次に、回転するウエハ W の周縁部に、薬液供給部 1 5 の供給ノズル 1 6 から、例えば、エッチング液としてフッ酸と過酸化水素の混合液が供給される。このとき、導管 9 からはウエハ W の表面に向けて窒素ガスなどの不活性ガスが供給される。

導管 9 から供給された不活性ガスは、ウエハ W の中心から周縁部に向かって流れるため、この不活性ガスの流れによって薬液雰囲気とミストがウエハ W の中央部に流れることが防止される。従って、薬液雰囲気とミストによりウエハ表面が変質してしまうことが防止でき、さらには、大気中の酸素とミストとの反応による銅膜の酸化を防止することができる。なお、不活性ガスの供給量は、薬液雰囲気やミストがウエハの中央部に流れることなく、かつ、ウエハの周縁部に供給された薬液をウエハ外に飛ばすことがない程度の量に設定されている。

薬液は、回転するウエハ W に対して静止するようにウエハ W 上に供給される。そして、ウエハ W 上の薬液は、ウエハ W の回転に伴って薬液除去部 2 0 の吸引ノズル 2 1 まで移動し、吸引ノズル 2 1 により吸引除去される。つまり、薬液は、薬液供給部 1 5 から供給されてから薬液除去部 2 0 により除去されるまでウエハ W 上に存在し、この間にエッチング処理が行われる。薬液除去部 2 0 により吸引された薬液は、気液分離部 2 7 及び再生部 3 2 を経て薬液供給部 1 5 に供給され、再度、薬液供給部 1 5 からウエハ W に供給され

る。エッチング処理が終わると、図示しない洗浄液供給部から超純水がウエハWに供給され、エッチング処理に使用された薬液の洗浄（リンス）が行われる。

次に本実施形態に係るエッチング装置に適用した基板処理装置の第2の実施形態について図6及び図7を参照して説明する。なお、特に説明しない構成及び動作については第1の実施形態と同様である。

図6は本実施形態に係る基板処理装置を示す断面図である。図7は本実施形態に係る基板処理装置のロールチャック及びエッチング部を示す斜視図である。

底部1bには6個の開口が形成されており（図示せず）、その開口を貫通してウエハWを水平に保持する6個のロールチャック35a～35fが立設されている。6個のロールチャック35a～35fが、それぞれ同期して回転することによりウエハWが低速で回転する。また、薬液供給部15および薬液除去部（エッチング部）20は、ロールチャック35aと35fとの間に配置されている。なお、ロールチャック35a～35fによって回転されるウエハWの回転速度は、第1の実施形態と同様である。

本実施形態のように、基板保持部としてロールチャック35a～35fを用いた場合でも、薬液供給部15および薬液除去部20をウエハWに近接して配置することができる。従って、回転するウエハWに対して薬液を静止するように供給することができ、さらに、ウエハWから薬液を吸引除去することができる。

次に、本発明の第3の実施形態について図8を参照して説明する。

図8は本実施形態に係るエッチング装置に適用した基板処理装置の薬液供給部を示す。

図8に示すように、本実施形態では、供給ノズル16の先端にスポンジ36が取り付けられており、スポンジ36から染み出した薬液がウエハWの周縁部に供給されるようになっている。スポンジ36はウエハWと非接触に配置され、スポンジ36とウエハWとの距離は第1の実施形態と同様である。なお、スポンジ以外にも、布などの多孔質の材料を使用しても良い。

次に、本発明の第4の実施形態について図9A及び図9Bを参照して説明する。

図9Aは本実施形態に係るエッチング装置に適用した基板処理装置が備える薬液供給部を示し、図9Bは本実施形態に係る基板処理装置（エッチング装置）が備える薬液供給部及び薬液除去部の他の例を示す。

図9Aに示すように、ウエハWの周縁部の上方に第1の供給ノズル16Aが配置され、ウエハWの外周端部に近接して第2の供給ノズル16Bが配置されている。このように配置された2つの供給ノズル16A、16Bから薬液を供給することにより、ウエハWの処理範囲が制御できると共に、ウエハWの外周端部を含む周縁部を確実に処理することができる。

また、図9Bに示すように、2つの供給ノズル16A、16Bと2つの吸引ノズル21A、21Bとを、ウエハWの円周方向に沿って交互に配置してもよい。この場合、各供給ノズル16A、16Bからは1種類の薬液を供給してもよく、また、供給ノズル16A、16Bからそれぞれ異なる薬液を供給してもよい。いずれの場合でも、第1の供給ノズル16Aから供給された薬液は第1の吸引ノズル21Aにより吸引され、第2の供給ノズル16Bから供給された薬液は第2の吸引ノズル21Bにより吸引される。

ウエハWに供給された薬液は、薬液除去部により除去されるが、ウエハW上には微量の薬液が残留する。このため、基板処理装置には、ウエハWを洗



浄（リンス）するための洗浄液供給部（図示せず）が設けられている。洗浄液供給部は、ウェハWの表面側および裏面側に配置された複数のノズルを有し、ノズルからウェハWに向けて洗浄液（リンス液）が供給される。なお、洗浄液としては超純水が使用される。

以上説明したように、本発明によれば、処理液を飛散させることなく基板上に供給することができるので、チャンバー内の清浄雰囲気を維持することができると共に、処理液の基板との反応効率を向上させて処理液の使用量を減少させることが可能となる。

次に、本発明の第5の実施形態に係る洗浄装置に適用した基板処理装置について図10A及び図10Bを参照して説明する。図10Aは、本実施形態に係る洗浄装置に適用した基板処理装置の要部を示す側面図であり、図10Bは図10Aに示す基板処理装置（洗浄装置）の要部を示す平面図である。図10A及び図10Bに示す基板処理装置は、銅膜をエッチング処理するチャンバー（図示せず）内に配置されている。この基板処理装置は、エッチング処理と兼用して使用してもよく、また別置きの洗浄処理のみの専用の洗浄装置としてもよい。この基板処理装置は、洗浄処理対象のウェハ（基板）Wを略水平に保持して回転させる、主軸51とテーブル52とからなる基板保持部54を備えている。洗浄対象のウェハWは真空吸着等によりテーブル52の上面に固定保持されるようになっている。ウェハWの表面近傍には洗浄液吐出ノズル（洗浄液供給部）53が配置されており、洗浄液吐出ノズル53の吐出口53aはウェハWの中心から周縁部に向かって、かつウェハWの表面から $45^{\circ}$ 以下の仰角 $\theta$ をもって開口している。したがって、洗浄液LのウェハWの表面に対する入射角度は、 $45^{\circ}$ 以下の角度 $\theta$ となる。また、洗浄液Lは $0.1\text{ m/s}$ 以上の流速で所定の洗浄対象領域に供給される。な

お、洗浄液吐出ノズル（洗浄液供給部）53をウエハWの裏面側に配置してもよく、また、ウエハWの表面側及び裏面側に配置してもよい。

洗浄液Lは洗浄液供給タンクを備えた供給装置57より、所要の流速に調整されて洗浄液吐出ノズル53より噴射される。ここで、洗浄液としてはエッチング処理に用いられた残留処理液（エッチング液）を除去するのに好適なリンス液または薬液が用いられる。

洗浄液が、ウエハWの表面と $45^{\circ}$ 以下の角度をなして所要の洗浄領域に対して噴射されることで、洗浄液の水平方向の速度成分は垂直方向の速度成分より大きくなる。そして、水平方向の速度成分が大きい状態で基板中心から周縁部に向かって洗浄液が供給される。このため、洗浄対象領域に存在している処理液等は速やかにウエハから洗い流される。ウエハの洗浄を行う際に、ウエハ中心から周縁に向かう方向の洗浄液の流速を大きくすることで、洗浄液の入れ替わりが早くなり、使用される洗浄液量を最小限にしつつ、効率的な洗浄を行うことが可能となる。また、洗浄が必要な部分のみに洗浄液を供給することによって、洗浄液量を更に低減させることができる。

基板に入射する洗浄液の垂直方向の速度成分が大きいと、ウエハとの衝突によって洗浄液が飛散してしまう。本実施形態では、ウエハの表面に対する洗浄液の入射角度を $45^{\circ}$ 以下にすることで、洗浄液がウエハに衝突する際の洗浄液の垂直方向の速度成分が小さくなり、洗浄液のウエハの表面での跳ねを防止することができる。

以上の観点から、洗浄液のウエハの表面に対する入射角度（仰角）はなるべく小さいことが好ましく、 $30^{\circ}$ 以下、さらに好ましくは $15^{\circ}$ 以下が好適である。理想的には、入射角度を $0^{\circ}$ とすることが好ましいが、洗浄液吐出ノズル53等をウエハの表面と接触して配置することはできないため、洗

洗浄液の入射方向がなるべくウェハの表面と平行となるように入射角度(仰角)を設定することが好ましい。

水平方向の速度成分を大きくするという観点から、洗浄液の流速は重要な要素である。表1は、洗浄液の仰角と流速とについて、洗浄効果を検討した結果を示すものである。この表1では、縦方向に角度を取り、横方向に流速をとっている。表中、○印は良好な洗浄結果が得られたことを示し、×印は良好な洗浄結果が得られなかったことを示している。なお、ウェハの回転速度は $100\text{ min}^{-1}$ であり、洗浄対象領域と洗浄液吐出ノズルの吐出口との間隔は $30\sim50\text{ mm}$ である。

【表1】

$\theta$	0.05m/s	0.1m/s	0.45m/s	0.9m/s	1.1m/s
15°	○	○	○	○	○
25°	×	○	○	○	○
35°	×	○	○	○	○
45°	×	×	×	○	○
60°	×	×	×	×	○
75°	×	×	×	×	×

表1から分かるように、洗浄液の流速が $0.1\text{ m/s}$ の場合、仰角 $\theta$ が $15^\circ\sim35^\circ$ で良好な洗浄結果が得られている。また、洗浄液の流速を $1.1\text{ m/s}$ とすると、仰角 $\theta$ が $15^\circ\sim60^\circ$ で良好な洗浄結果が得られている。従って、ウェハの表面から $45^\circ$ 以下の仰角 $\theta$ をもって洗浄液を供給し、 $0.1\text{ m/s}$ 以上の流速で洗浄液をウェハの洗浄対象領域に向けて供給することにより、良好な洗浄結果が得られる。特に、この表1から仰角が小さいことが良好な洗浄結果を得る上で重要であることがわかる。なお、流速は洗

浄液の流量を洗浄液吐出ノズルの吐出口の開口面積で割ったものである。

ウエハの回転速度が  $500 \text{ min}^{-1}$  以下では、遠心力が小さいため、洗浄液がウエハから流出せずにとどまり、洗浄液の入れ替わりが起こりにくい。ウエハの内側から外側に向けて  $0.1 \text{ m/s}$  以上の流速で洗浄液を供給することにより、低速回転でも効率的な洗浄が可能である。

洗浄液吐出ノズル 53 は移動可能とすることが好ましい。これにより、ノズル 53 をウエハの洗浄対象領域に対して好ましい位置に配置することができる。また、洗浄処理後に洗浄液吐出ノズル 53 をウエハから退避させて、ウエハの搬入及び搬出を容易にすることができる。

図 11 は、本実施形態に係る基板処理装置の要部の変形例を示す。この例においては、吐出口 53-1a, 53-2a をそれぞれ備えた洗浄液吐出ノズル 53-1, 53-2 がウエハ W の表裏側に配置され、これにより、ウエハ W を表裏両面について同時洗浄することができる。このため、ウエハの基板保持部として、ウエハ W の外周端部に接触してウエハ W を保持すると共に回転させるチャック部 58 を用いている。これにより、ウエハ W の表裏側に洗浄液吐出ノズル 53-1, 53-2 を配置して、上述したように基板表裏面の同時洗浄が可能となる。なお、洗浄液吐出ノズル 53-1, 53-2 は、対称に配置する必要はなく、洗浄目的に応じて仰角及び配置位置等を任意に変更することが可能である。

図 12 A、図 12 B、及び図 13 は、それぞれ本発明の第 6 の実施形態に係る洗浄装置に適用した基板処理装置を示す。本実施形態に係る基板処理装置（洗浄装置）は、ウエハ W を略水平に保持して回転させるチャック部 61a, 61b, 61c, 61d からなる基板保持部を備えている。なお、図 10 A に示すような回転テーブルタイプの基板保持部を用いてもよい。また、

この基板処理装置は、エッチング処理を行う処理部 6 2 を備えている。この処理部 6 2 から、ウエハ W の周縁部にエッチング液（処理液）が供給され、周縁部に形成された銅膜などの薄膜が除去される。

さらに、この基板処理装置は、ウエハ W のエッチング処理を行った後に、ウエハ W のエッチング処理対象領域に残留するエッチング液を洗い流す洗浄装置（洗浄液供給部） 6 3 を備えている。洗浄装置 6 3 は、その洗浄液吐出口 6 3 a からウエハ W の周縁部のエッチング処理対象領域 A を含む領域 B に洗浄液を供給して、領域 B に残留している処理液を除去する。洗浄液の流れは、ウエハ W の内側から周縁部に向けて半径方向に沿って、且つウエハ W の表面から  $45^{\circ}$  以下のなるべく小さい仰角を持って形成される。この洗浄液の供給はウエハ W を回転させつつ行われる。そして、ウエハ W の表面の中心から周縁部に向かって供給される洗浄液 L の流れの延長線上に、ウエハ W の洗浄液 L が供給される領域に向けて開口した洗浄液 L の受け部 6 5 が設けられている。この受け部 6 5 はウエハ W の表面と同じ平面上に位置している。受け部 6 5 は、図 1 2 B に示すように、樋状の形状を有し、ウエハ W の周縁部から流出する洗浄液 L を受け止めるようになっている。受け部 6 5 上を流れる処理液は、図示しないドレンを経て回収される。

次に、この基板処理装置の動作について説明する。まず、ウエハ W をチャック部 6 1 a, 6 1 b, 6 1 c, 6 1 d により保持しつつ回転させる。この状態で、ウエハ W の周縁部に処理部 6 2 からエッチング液を供給し、ウエハ W の周縁部に形成された銅膜をエッチングにより除去する。このエッチング処理により、図 1 3 に示されるように、銅膜（Cu）が除去された領域 A がウエハ W に形成される。次に、洗浄装置 6 3 により領域 A を含む領域 B が洗浄される。この洗浄処理では、洗浄液が、洗浄装置（洗浄液供給部） 6 3 か

ら洗浄対象領域Bに供給される。このとき、洗浄液は、ウエハWの表面に対して入射角度 $\theta$ をもって、ウエハの中心から周縁部に向かって、 $0.1\text{ m/s}$ 以上の流速で供給される。ここで、入射角度 $\theta$ は上述した表1に示されるように、できるだけ小さくすることが好ましい。エッチング処理が行われた領域Aに残留する処理液を除去するためには、洗浄液Lが供給される領域Bは、領域Aを含むことが必要とされる。この場合、領域Bをできるだけ狭い範囲とすることが好ましい。領域Bを小さくすれば、使用される洗浄液量を低減することができ、かつ効率的な洗浄が行える。

ウエハWを比較的低速で回転しつつ、洗浄液Lをできるだけ小さな仰角 $\theta$ で且つ十分な流速で供給することにより、領域Bを効率的に且つ確実に洗浄することができる。この洗浄方法によれば、ウエハWを回転しつつ比較的狭い領域にのみ洗浄液を供給するので、洗浄液の使用量を著しく低減することができる。又、ウエハWの表面に対する洗浄液の入射角度 $\theta$ が小さいため、ウエハWの表面における処理液の飛散が防止される。

そして、ウエハWの周縁部に向けて供給された洗浄液は樋状の受け部65に受け止められ、図示しないドレンを介して回収される。従って、ウエハWから飛び出した洗浄液がチャンバー内部に飛散することが防止され、且つ洗浄液を回収して再使用することができる。

尚、上記実施形態は本発明の実施例の一態様を述べたもので、本発明の趣旨を逸脱することなく種々の変形実施例が可能なのは勿論である。

以上説明したように、本発明によれば、洗浄液を基板周縁部等の限定した領域に、小さい仰角で供給するようにしたので、洗浄液の使用量を減少させることができる。また、洗浄液の飛散による基板の汚染を防止することができるとともに、チャンバー内の清浄雰囲気を持続することが可能となる。

次に、図14を参照して、本発明の実施の形態であるエッチング装置に適用した基板処理装置を有する、半導体ウエハに銅めっきを施すめっき装置を説明する。

図14に示すように、めっき装置は、矩形状の設備710内に配置されて、ウエハ（基板）の銅めっきを連続的に行うように構成されている。この設備710は、仕切壁711によってめっき空間712と清浄空間713に仕切られ、これらの各めっき空間712と清浄空間713は、それぞれ独自に給排気できるようになっている。そして、前記仕切壁711には、開閉自在なシャッタ（図示せず）が設けられている。また、清浄空間713の圧力は、大気圧より低く、且つめっき空間712の圧力よりも高くしてあり、これにより、清浄空間713内の空気が設備710の外部に流出することがなく、且つめっき空間712内の空気が清浄空間713内に流入することがないようになっている。

前記清浄空間713内には、基板収納用カセットを載置する2つのロードアンロード部715と、めっき処理後のウエハを純水で洗浄（リンス）し乾燥する2基の洗浄ユニット716が配置され、更にウエハの搬送を行う固定タイプで回転自在な第1ロボット717が備えられている。この洗浄ユニット716としては、例えばウエハの表裏両面に超純水を供給する洗浄液供給ノズルを有し、ウエハを高速でスピンさせて脱水、乾燥させる形式のものが用いられている。

一方、めっき空間712内には、ウエハのめっきの前処理を行い、前処理後のウエハを反転機720で反転させる2基の前処理ユニット721と、ウエハの表面に該表面を下向きにして銅めっき処理を施す4基のめっき膜成膜ユニット722と、ウエハを載置保持する2基の第1基板ステージ723a、

7 2 3 b が配置され、更にウエハの搬送を行う自走タイプで回転自在な第 2 ロボット 7 2 4 が備えられている。

このめっき装置にあつては、清浄空間 7 1 3 内に位置して、めっき後のウエハを薬液（処理液）でエッチング処理する 2 基の基板処理装置（エッチング装置） 7 2 5 と、この基板処理装置 7 2 5 と前記洗浄ユニット 7 1 6 との間に位置して第 2 基板ステージ 7 2 6 a, 7 2 6 b が配置され、更に 2 基の基板処理装置 7 2 5 に挟まれた位置にウエハの搬送を行う固定タイプで回転自在な第 3 ロボット 7 2 7 が備えられている。

前記一方の第 1 基板ステージ 7 2 3 b 及び第 2 基板ステージ 7 2 6 b は、ウエハを水洗い可能に構成されているとともに、ウエハを反転させる反転機 7 2 0 が備えられている。

これにより、前記第 1 ロボット 7 1 7 は、前記ロードアンロード部 7 1 5 に載置されたカセット、洗浄ユニット 7 1 6、及び第 2 基板ステージ 7 2 6 a, 7 2 6 b 間でウエハを搬送し、第 2 ロボット 7 2 4 は、前記第 1 基板ステージ 7 2 3 a, 7 2 3 b、前処理ユニット 7 2 1、及びめっき膜成膜ユニット 7 2 2 間でウエハを搬送し、第 3 ロボット 7 2 7 は、前記第 1 基板ステージ 7 2 3 a, 7 2 3 b、基板処理装置 7 2 5、及び第 2 基板ステージ 7 2 6 a, 7 2 6 b 間でウエハを搬送するようになっている。

更に、前記設備 7 1 0 の内部には、前記第 1 基板ステージ 7 2 3 a の下方に位置して、調整運転用ウエハを収納する容器 7 2 8 が内蔵され、第 2 ロボット 7 2 4 は、調整運転用ウエハを容器 7 2 8 から取出し、調整運転終了後に再び容器 7 2 8 に戻すようになっている。このように、調整運転用ウエハを収容する容器 7 2 8 を設備 7 1 0 の内部に内蔵することで、調整運転の際に調整運転用ウエハを外部から導入することに伴う汚染やスループットの低



下を防止することができる。

なお、容器 7 2 8 の配置位置は、いずれかのロボットで調整運転用ウエハの取出し及び収納が可能な位置であれば、設備 7 1 0 内の何処でも良いが、第 1 基板ステージ 7 2 3 a の近傍に配置することで、調整運転用ウエハを使用した調整運転を前処理からめっき処理と始め、洗浄し乾燥させた後に容器 7 2 8 内に收容することができる。

ここで、前記ロボット 7 1 7 として、落とし込みタイプの 2 本のハンドを有し、上側をドライハンド、下側をウェットハンドとしたものを使用し、ロボット 7 2 4, 7 2 7 として、落とし込みタイプの 2 本のハンドを有し、双方をウェットハンドとしたものを使用しているが、これに限定されないことは勿論である。

次に、このめっき装置におけるウエハの流れの概要を説明する。ウエハは表面（素子形成面、処理面）を上に向けてカセットに収納されてロードアンロード部 7 1 5 に載置される。そして、第 1 ロボット 7 1 7 がウエハをカセットから取出し、第 2 基板ステージ 7 2 6 a 上に移動して、ウエハを第 2 基板ステージ 7 2 6 a 上に載置する。そして、第 3 ロボット 7 2 7 が第 2 基板ステージ 7 2 6 a 上にあったウエハを第 1 基板ステージ 7 2 3 a に移す。次に、第 2 ロボット 7 2 4 が第 1 基板ステージ 7 2 3 a からウエハを受け取って前処理ユニット 7 2 1 に渡し、前処理ユニット 7 2 1 での前処理終了後、ウエハの表面が下に向くように反転機 7 2 0 でウエハを反転させ、再び第 2 ロボット 7 2 4 に渡す。そして、第 2 ロボット 7 2 4 はウエハをめっき膜成膜ユニット 7 2 2 のヘッド部に渡す。

めっき膜成膜ユニット 7 2 2 でウエハのめっき処理及び液切りを行った後、ウエハを第 2 ロボット 7 2 4 に渡し、第 2 ロボット 7 2 4 はウエハを第 1 基

板ステージ723bへ渡す。ウエハは、第1基板ステージ723bの反転機720によって、表面が上に向くように反転され、第3ロボット727によって基板処理装置725に移される。基板処理装置725においてエッチング処理が施されたウエハは、第3ロボット727により第2基板ステージ726bへ運ばれる。次に、第1ロボット717が第2基板ステージ726bからウエハを受取り、洗浄ユニット716にウエハを移送し、洗浄ユニット716で純水（脱イオン水を含む）によるリンスとスピン乾燥を行う。乾燥されたウエハは、第1ロボット717によりロードアンロード部715に載置されたカセット内に収納される。

## 特許請求の範囲

1. 基板を略水平に保持しつつ回転させる基板保持部と、回転する基板の周縁部に、処理液が基板に対して静止するように該処理液を供給する処理液供給部とを備えたことを特徴とする基板処理装置。
2. 処理液を基板上から除去する処理液除去部を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の基板処理装置。
3. 前記処理液除去部は、基板上の処理液を吸引するように構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の基板処理装置。
4. 前記処理液除去部は、吸引した処理液と気体とを分離する気液分離部を備えていることを特徴とする請求項 3 に記載の基板処理装置。
5. 前記気液分離部により分離された処理液を再生して前記処理液供給部に供給する再生部を設けたことを特徴とする請求項 4 に記載の基板処理装置。
6. 前記処理液供給部を複数設けたことを特徴とする請求項 2 に記載の基板処理装置。
7. 前記処理液除去部を複数設けたことを特徴とする請求項 6 に記載の基板処理装置。

8. 基板の表面に不活性ガスを供給するパージ機構を設けたことを特徴とする請求項1に記載の基板処理装置。

9. 基板を略水平に保持しつつ回転させ、

回転する基板の周縁部に、処理液が基板に対して静止するように該処理液を供給し、

基板上の処理液を吸引することを特徴とする基板処理方法。

10. 基板を略水平に保持して回転させる基板保持部と、

基板の中心から周縁部に向けて、かつ基板の表面から $45^\circ$ 以下の仰角をもって洗浄液吐出口を開口し、 $0.1\text{ m/s}$ 以上の流速で洗浄液を基板の表面に供給する洗浄液供給部とを備えたことを特徴とする基板処理装置。

11. 前記基板の表面と同じ平面上に配置され、基板上の洗浄液が供給される領域に向けて開口した洗浄液の受け部を備え、該受け部から洗浄液を回収するようにしたことを特徴とする請求項10に記載の基板処理装置。

12. 前記洗浄液供給部は、基板の表面の近傍に配置されることを特徴とする請求項10に記載の基板処理装置。

13. 前記基板の表面と同じ平面上に配置され、基板上の洗浄液が供給される領域に向けて開口した洗浄液の受け部を備え、該受け部から洗浄液を回収するようにしたことを特徴とする請求項12に記載の基板処理装置。

14. 回転する基板の中心から周縁部に向けて、かつ基板の表面から  $45^\circ$  以下の仰角をもって開口した洗浄液吐出口から、 $0.1\text{ m/s}$  以上の流速で洗浄液を供給し、基板の表面または裏面の少なくとも一方を洗浄することを特徴とする基板処理方法。

15. 回転する基板の周縁部に処理液を供給し、

基板の周縁部を処理した後、基板の中心から周縁部に向けて、かつ基板の表面から  $45^\circ$  以下の仰角をもって開口した洗浄液吐出口から、基板の周縁部を含む領域に洗浄液を供給して、処理液で処理した領域に残留する処理液を除去することを特徴とする基板処理方法。

16. 前記洗浄液吐出口から、基板の表面と平行に近い方向に沿って基板の周縁部に向けて洗浄液を供給することを特徴とする請求項15に記載の基板処理方法。

17. 基板の表面と同じ平面上に配置され、基板上の洗浄液が供給される領域に向けて開口した洗浄液の受け部から、洗浄液を回収するようにしたことを特徴とする請求項16に記載の基板処理方法。

## 開示の要約

本発明は、基板の周縁部に形成された薄膜をエッチングするエッチング装置などに好適に使用される基板処理装置及び基板処理方法を提供する。また、本発明は、エッチング処理後に基板を洗浄処理する洗浄装置などに好適に使用される基板処理装置及び基板処理方法を提供する。エッチングを行うための基板処理装置は、基板Wを略水平に保持しつつ回転させる基板保持部11と、回転する基板Wの周縁部に、処理液が基板Wに対して静止するように該処理液を供給する処理液供給部15とを備えている。また、基板の洗浄を行う基板処理装置は、基板Wを略水平に保持して回転させる基板保持部54と、基板Wの中心から周縁部に向けて、かつ基板Wの表面から45°以下の仰角をもって洗浄液吐出口53aを開口し、0.1m/s以上の流速で洗浄液Lを基板Wの表面に供給する洗浄液供給部53とを備えている。